Adapter l'irrigation aux besoins des cultures

PUBLICATION 1590
1978

Agriculture
Canada

630.4
C212
P1590
ex

On peut obtenir des exemplaires de cette publication aux
SERVICES DE L'INFORMATION
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU CANADA
OTTAWA
K1A 0C7

@ MINISTRE DES APPROVISIONNEMENTS ET SERVICES CANADA 1978

3M—2:78

N° de cat: A53—1590/1978F
ISBN: 0-662-01423-5

Adapter l'irrigation aux besoins des cultures

K. K. KROGMAN et E. H. HOBBS
Station de recherches, Lethbridge (Alberta)

POURQUOI LES PLANTES UTILISENT L'EAU

Les plantes ont besoin d'une très grande quantité d'eau. Une plante feuillue, en croissance active, utilise chaque jour de cinq à dix fois la quantité d'eau qu'elle peut contenir à la fois. Une bonne culture de blé extrait du sol, en saison de croissance, un volume d'eau capable de recouvrir celui-ci d'une lame épaisse de 45 cm. En d'autres mots, il faut environ 1000 kg d'eau pour produire 1 kg de blé. Mais seulement une fraction de cette quantité est retenue par les plantes.

Pourquoi les plantes puisent-elles tant d'eau du sol pour en rejeter la presque totalité dans l'air? L'eau sert à transporter les éléments nutritifs du sol aux tissus verts, où s'effectue la photosynthèse. Les hydrates de carbone, produits par la photosynthèse, sont acheminés dans une solution aqueuse vers les organes de réserve: graines, racines ou tubercules. Après avoir conduit les divers éléments à leurs destinations respectives dans la plante, l'eau s'évapore simplement par les stomates, qui sont de minuscules pores dans la feuille. Ce processus d'évaporation, appelé transpiration, absorbe la chaleur, rafraîchit la plante et prévient l'élévation de température à des niveaux dommageables.

Les cellules des plantes sont semblables à de petits sacs d'eau. Sans la pression interne, appelée turgescence, elles perdent leur forme. La turgescence est le résultat d'une différence de concentration des sels et des sucres en solution, de part et

d'autre des parois cellulaires. Lorsque le sol fournit beaucoup d'eau aux plantes, la solution extracellulaire devient moins concentrée que la solution intracellulaire. L'eau tend à pénétrer dans les cellules, à travers leur membrane, pour égaliser la concentration des deux solutions. Si la turgescence est élevée, les plantes gardent leur forme. Lorsque les plantes manquent d'eau, la concentration de la solution extracellulaire devient supérieure à l'autre et l'eau sort des cellules pour l'équilibrer. Il en résulte une baisse de turgescence et les plantes flétrissent. Donc, les plantes herbacées ont un grand besoin d'eau pour maintenir leur rigidité et leur forme.

Les plantes réduisent automatiquement la transpiration lorsque la déperdition d'eau est supérieure à son apport. Elles ferment simplement leurs stomates lorsque le contenu en eau des feuilles diminue. Mais cette fermeture empêche également le gaz carbonique de pénétrer dans les tissus de la feuille et réduit la photosynthèse et la croissance végétale. Ainsi, la transpiration diminuant, la récolte est moins abondante. Quand le sol est privé d'eau ou que l'on emploie des substances chimiques causant artificiellement la fermeture des stomates, les récoltes sont habituellement réduites.

Par temps chaud, un léger arrosage pour rafraîchir les plantes entraîne une diminution de la transpiration. Cependant l'eau gagnée, à cause de cette réduction de la transpiration, est perdue par une évaporation accrue. Il n'y a pas de conservation nette d'eau. Lors d'une étude de ce procédé, faite dans les conditions climatiques du sud de l'Alberta, l'abondance et la qualité des récoltes de fèves ou de pommes de terre n'ont pas été sensiblement augmentées quand on maintenait dans le sol un degré suffisant d'humidité.

L'utilisation, apparemment exagérée, d'eau par les plantes peut être réduite, mais non pas éliminée. Par exemple, il n'est pas nécessaire d'arroser le sol en profondeur quand les plants sont jeunes et leurs racines peu développées. De même, un arrosage à saturation est inutile quand les graines sont sur le point de mûrir. Mais ces mesures pour la conservation de l'eau empêchent seulement la perte d'humidité du sol par drainage ou par évaporation directe en surface du sol. La transpiration se poursuit à un taux normal.

L'utilisation de l'eau est la plus efficace (c'est-à-dire qu'on obtient les meilleures récoltes) quand on emploie des cultures sélectionnées à grand rendement dans un sol à fertilité optimale, qu'on s'en remet à de bonnes pratiques agricoles et qu'on effectue une irrigation adéquate et réglée. La méthode d'irrigation n'influe pas sur le rendement des cultures de façon significative.

LE SYSTÈME SOL-PLANTE

Le sol occupé par les racines est le premier et le plus important réservoir d'eau des cultures. Mais une partie de cette eau est inaccessible aux plantes, étant fermement retenue dans le sol. Quand l'humidité du sol est réduite à ce niveau, les plantes flétrissent. Ainsi, on dit que l'humidité du sol a atteint le point de flétrissement.

Souvent, le sol ne peut garder toute l'eau qui arrive sous forme de pluie ou d'irrigation, et l'excès est drainé. La capacité au champ est la quantité maximale d'eau que le sol peut contenir sans drainage appréciable. L'eau disponible dans le sol est la capacité au champ, moins la teneur en eau du sol au point de flétrissement.

À mesure que l'eau disponible est extraite par la plante, cette dernière doit augmenter sa force de succion pour la retirer. Lors de la capacité au champ, la force de succion requise pour extraire l'eau du sol est de 0,3 bar, c'est-à-dire une force capable de faire monter l'eau sur une distance d'environ 3,4 m. Au point de flétrissement, la force de succion requise est d'environ 15 bars, ce qui ferait monter l'eau d'environ 155 m, si cela était possible. Ce chiffre représente la limite pratique à laquelle les plantes peuvent extraire l'eau du sol. En fait, seulement environ la moitié de la quantité d'eau contenue dans le sol, entre la capacité au champ et le point de flétrissement, est facilement accessible. L'autre moitié devient, pour les plantes, de plus en plus difficile à retirer à mesure que l'extraction se poursuit.

Les plantes fonctionnent à peu près comme des pompes à eau, en utilisant les différences de succion entre le sol, les plantes et l'air pour retirer l'eau du sol et la livrer à l'atmosphère. Le rayonnement solaire qui réchauffe l'air directement, ou par radiation à la surface du sol, crée une différence de tension de vapeur entre l'air et les feuilles. Quand la succion exercée par l'air chaud est supérieure à celle qui retient l'eau dans la plante, il y a transpiration d'eau. Dans le sol en contact avec les racines, les forces de succion (adhésion, cohésion, osmose) tendent à empêcher l'entrée d'eau et de substances nutritives dans la plante. À l'intérieur de la plante, il y a des forces de succion semblables à celles du sol, mais elles cumulent en plus l'effet d'élévation. Si la tension de l'eau du sol est inférieure à la succion qui tend à tirer l'eau du sol, la transporter des racines à l'intérieur de la plante puis la livrer à l'atmosphère, la plante peut extraire l'eau du sol. Mais quand la tension de l'eau du sol est supérieure à la force de succion de la plante, cette dernière cesse d'extraire l'eau du sol et sa croissance est interrompue.

ÉVAPOTRANSPIRATION

La valeur de l'évapotranspiration, *ET*, est la quantité d'eau qu'une culture extrait du sol et rejette par transpiration, ajoutée à la quantité d'eau évaporée directement du sol. Elle est habituellement exprimée en millimètres. Les valeurs d'*ET* mesurées ou évaluées peuvent servir à indiquer le degré d'irrigation nécessaire pour réhydrater le sol, et le moment où l'irrigation devient justifiée. Cette technique est expliquée au chapitre traitant de la planification de l'humidification du sol et de l'établissement d'un programme d'irrigation.

L'évapotranspiration potentielle, ET_p, est la quantité d'eau requise par une culture, en pleine croissance, qui ombrage le sol complètement et qui peut y puiser l'eau à volonté. L'ET_p est à peu près la même pour toutes les cultures usuelles des champs et dépend presque totalement de la quantité d'énergie calorifique disponible. De la mi-juillet au début d'août, elle est en moyenne de 7 mm par jour, mais peut atteindre 13 mm durant les jours très chauds. Si la quantité d'eau dans le sol est sous la limite inférieure des quantités considérées comme facilement accessibles, ou si la culture n'est pas encore arrivée à sa taille ou à maturité, la véritable *ET* sera moins que l'ET_p.

L'*ET* totale, pour la saison des cultures, est supérieure dans le cas des plantes vivaces à celle des plantes annuelles, car les vivaces sont déjà établies au printemps et poursuivent leur croissance végétative plus tard à l'automne. Les cultures en rangs, comme les betteraves sucrières ou le maïs, ont une *ET* plus basse au printemps que les cultures à peuplements denses, car elles ne couvrent pas le sol aussi rapidement. Les cultures de courte saison, comme celles des pois verts ou des fèves, ont des *ET* inférieures à celles des cultures de plus longue durée comme les betteraves sucrières.

Quand l'eau du sol est maintenue à un niveau qui assure l'accès facile, les plantes puisent la plus grande partie de leur eau dans les 50 cm supérieurs de la zone radiculaire. À mesure que l'eau de la portion supérieure de la zone radiculaire est utilisée et que la tension de l'eau du sol augmente, d'autres volumes d'eau sont puisés à de plus grandes profondeurs. La profondeur des racines varie selon les cultures, les stades de croissance, les caractéristiques physiques du sol et la quantité et la distribution de l'eau dans le sol. En pratique, on a les profondeurs suivantes: luzerne: 120 à 180 cm; graminées, céréales, lin, colza et betteraves sucrières: 90 à 120 cm; maïs 75 à 120 cm; pommes de terre: 60 à 90 cm; pois: 75 à 90 cm. À moins de comparer les extrêmes, les différences de profondeur de l'appareil radiculaire n'impliquent pas de différence du taux d'utilisation de l'eau. Mais la profondeur de l'appareil radiculaire détermine cependant la quantité

d'eau accessible à la plante. Plus sa profondeur est grande, plus la zone radiculaire peut emmagasiner d'eau. La zone radiculaire de la plupart des cultures annuelles arrivées à maturité est d'environ 120 cm.

L'amélioration de la croissance des cultures associée à une meilleure conduite des cultures est habituellement plus importante que l'augmentation relative de l'eau utilisée. Par exemple, les fertilisants, lorsqu'ils sont nécessaires, augmentent le taux d'utilisation de l'eau en stimulant un développement précoce et rapide de la plante, mais cette croissance améliorée compense amplement pour la consommation accrue d'eau.

Les cultures qui sont beaucoup plus hautes que la végétation avoisinante, ou les cultures dans de petits champs irrigués entourés de terrains secs ou de jachères d'été, peuvent capter de la chaleur à l'extérieur du champ de culture. Ce mouvement de chaleur supplémentaire dans les champs cultivés s'appelle advection; il peut entraîner des valeurs de l'*ET* légèrement supérieures à celles de l'ET_p.

ÉVAPOTRANSPIRATION DE DIVERSES CULTURES

Les lignes pleines des figures 1 à 11 montrent les valeurs quotidiennes moyennes de l'*ET* à mesure que la saison avance, de la semence à la récolte, pour quelques-unes des principales cultures en champs irrigués du sud de l'Alberta. Les secteurs entourés par les lignes pointillées, de chaque côté des lignes pleines, indiquent les deux tiers de la zone des fluctuations causées par des variations quotidiennes ou des changements d'année en année. Conséquemment, les deux tiers du temps, on s'attend à ce que les courbes soient entre ces lignes pointillées. Les courbes de la luzerne et des graminées sont tracées comme si la récolte ne se faisait pas à la mi-saison. En pratique, l'*ET* quotidienne est sensiblement réduite après chaque récolte de paille ou de fourrage à la mi-saison.

Pour chaque courbe, les données ont été obtenues au cours d'une période d'étude d'au moins 3 ans, et généralement de 5 à 6 ans à la sous-station de recherches sur l'irrigation, à Vauxhall (Alberta). Le sol est un loam de texture moyenne, typique de la plus grande partie des terres irriguées du sud de l'Alberta. Le rendement des cultures, au cours de ces études, a été substantiellement plus élevé que les moyennes commerciales. On a maintenu l'eau dans le sol en quantité suffisante pour permettre aux plantes de donner leur rendement optimal. On a estimé que le drainage en profondeur n'a atteint qu'environ 5% de l'*ET* et on a maintenu la salinité à un faible niveau dans la

zone radiculaire. Dans les figures 3 à 11, les dates moyennes pour les stades de développement des cultures et le pourcentage de couverture au sol accompagnent les courbes pour les cultures annuelles. L'*ET* est plus précisément une fonction d'un stade de croissance plutôt que d'un temps de l'année, parce que les stades de croissance ne se produisent pas toujours au même moment, chaque année.

LA DÉTERMINATION DE L'ÉVAPO-TRANSPIRATION RÉELLE ET POTENTIELLE

L'ET_p et l'*ET* ne peuvent être mesurées facilement dans les champs cultivés, mais il est possible d'en estimer la valeur à partir de l'évaporation *E* mesurée à l'aide de plusieurs types d'évaporomètres. Le bac d'évaporation de classe A (fig. 12) est l'appareil utilisé pour mesurer la valeur de l'*E* selon une norme admise internationalement. La relation étroite qui existe entre l'évaporation (E_A) à partir d'un bac de classe A et l'*ET* est bien connue. Mais l'usage du bac de classe A comme instrument de travail sur le terrain est limité, à cause de ses grandes dimensions et de l'importance de la quantité d'eau nécessaire.

Les petits évaporomètres qui utilisent un disque de carborundum noir, poreux, continuellement alimenté en eau sont plus utiles que le bac de classe A, et sont très en usage en Alberta. Il s'agit, ici, des disques alundon (fig. 13) et des évaporomètres Gen (fig. 14). Les mesures d'évaporation qu'ils obtiennent sont pareilles, elles sont en relation étroite avec celles du bac A et elles peuvent être utilisées pour estimer la valeur de l'*ET* à partir d'un rapport *ET*/*E* déjà établi (fig. 1 et 11). Pour convertir l'E_A, exprimée en millimètres, à une valeur équivalente d'évaporation à partir du disque alundon (E_d) ou des évaporomètres Gen (E_G), également exprimée en millimètres, il faut utiliser la formule suivante:

$$E_d \text{ ou } E_G = E_A \times 9{,}5$$

Grâce à cette conversion, l'E_A de même que l'E_d ou l'E_G peuvent être utilisées pour calculer l'*ET* au moyen des coefficients donnés dans les figures 1 à 11.

Pendant les journées très chaudes et venteuses, la conduction aqueuse dans les plantes peut être trop réduite pour que la demande en eau de l'atmosphère soit satisfaite. À ce moment, les variations de *ET* sont inférieures à celles de l'*E* dans un évaporomètre, et la relation entre l'*ET* et l'*E* est différente de ce qu'elle était quand l'*E* avait une valeur plus faible. Conséquemment, quand l'E_G ou l'E_d est convertie à l'*ET*, on devrait fixer une limite supérieure de l'*E*, soit peut-être de 110 mL par jour.

APPLICATION DES COURBES D'ÉVAPORATION À L'ÉTABLISSEMENT D'UN PROGRAMME D'IRRIGATION

La courbe journalière moyenne de l'E_G sur une période de 16 années apparaît sous forme de ligne brisée dans les figures 1 à 11. Comme l'E_G et l'ET sont reliées, si l'on considère E_G comme un indice climatique, on obtient une référence commune pour toutes les courbes d'ET, de même qu'un moyen d'intégrer de grandes différences climatiques et des variations de température journalières dans l'établissement d'un programme d'irrigation. Le rapport entre l'ET et l'E provenant d'autres évaporomètres peut également être utilisé.

Les valeurs moyennes de l'ET et l'E_G, représentées dans les figures 1 à 11, ne montrent pas les grandes variations de température qui se produisent. Si la température est déterminée quotidiennement avec un évaporomètre, l'ET réelle peut être déterminée à partir de l'ET moyenne, dans le même rapport que l'E_G face à l'E_G moyenne. La relation entre l'ET et l'E obtenue des autres évaporomètres, ou évaluée à partir d'indices météorologiques, peut également être utilisée pour évaluer la demande d'évapotranspiration journalière de l'environnement.

Les valeurs de l'ET sont de beaucoup inférieures à celles de l'E et l'ET_p au printemps, deviennent presque identiques en été et fléchissent en automne. C'est pour cette raison que les mesures de l'E ne peuvent pas être utilisées directement comme mesure de l'ET. Les coefficients utilisés pour évaluer l'ET à partir de l'E_G sont représentés dans chaque figure; ils ont été établis pour divers stades de croissance des cultures. Il peut être opportun d'ignorer les légères différences et de regrouper les cultures dont les coefficients sont semblables, à un stade de croissance similaire. La combinaison de groupes de cultures, tels que les céréales ou les cultures en rangs, est particulièrement utile.

À proprement parler, les coefficients ne changent pas brusquement entre les stades, mais le font, de façon continue pendant la saison, selon les changements de caractères propres à une culture en particulier. On peut diviser la saison en un nombre déterminé de parties, chacune ayant un coefficient différent. La précision de l'évaluation de l'ET augmente en fonction du nombre de subdivisions. Le détail rapporté dans les figures est satisfaisant pour une utilisation sur le champ, mais on y présente les courbes entières pour permettre de choisir tout intervalle désiré. Éventuellement, des coefficients journaliers basés sur un rapport de l'ET à l'E changeant continuellement seront dérivés mathématiquement.

PLANIFICATION DE L'HUMIDIFICATION DU SOL ET ÉTABLISSEMENT D'UN PROGRAMME D'IRRIGATION

Il convient de faire la comptabilité journalière de l'humidité du sol, si l'on veut adapter l'irrigation aux besoins. Il faut irriguer au moment où la comptabilité révèle que le niveau d'humidité est bas. Pour la plupart des cultures, l'irrigation devient nécessaire lorsque la moitié de l'humidité disponible du sol a été utilisée. Il existe des exceptions, dont les pommes de terre, qui requièrent une humidité du sol non inférieure aux deux tiers de l'humidité disponible, et également la luzerne, qui peut utiliser sans danger jusqu'aux deux tiers de l'humidité disponible avant que l'irrigation soit nécessaire. Si l'irrigation est commencée quand ces limites sont révélées par la comptabilité de l'humidité du sol, le champ tout entier peut habituellement être irrigué avant que l'humidité du sol ne devienne un problème sérieux. Pour éviter tout danger, toutefois, il faut reprendre les calculs journaliers de l'*ET* le jour suivant le début de l'irrigation plutôt que d'attendre que le champ soit complètement couvert.

Sur un sol de texture moyenne supportant une culture assez importante, lorsque l'irrigation est faite selon les principes directeurs ci-dessus mentionnés, il en résulte un lessivage vertical d'environ 5%, suffisant pour prévenir l'accumulation de sels dans la zone radiculaire de la plupart des sols et pour presque toutes les eaux d'irrigation.

Le type de sol influe sur la quantité d'humidité disponible parce que la capacité des sols à retenir l'eau varie selon la texture. La zone radiculaire de la plupart des cultures annuelles, parvenues à maturité (120 cm), peut contenir environ 100 mm d'eau disponible dans un sable loameux, 140 mm dans un loam sableux fin, 190 mm dans un loam limoneux, 200 mm dans un loam limono-argileux, et 220 mm dans un loam argileux. L'humidité du sol peut être épuisée jusqu'à la moitié de ces quantités. Lorsque l'humidité du sol est réduite, par exemple, à 50 mm en dessous de la capacité au champ dans un loam sableux ou à 110 mm dans un loam argileux, il faut procéder à une irrigation suffisante pour humidifier le sol à la capacité au champ.

Les courbes *ET* ont été calculées pour des cultures pratiquées avec de bonnes techniques agricoles et dont le sol renfermait une humidité maximale. Lorsque la croissance de la culture n'est pas optimale, il serait plus réaliste d'utiliser des facteurs de conversion qui sont inférieurs à ceux donnés dans les figures. Lorsque la croissance est réduite par une humidité du sol inadéquate, les valeurs de l'*ET* sont nettement inférieures à celles des figures. Lorsque d'autres facteurs, tels une fertilité

du sol inférieure, limitent la croissance mais que l'humidité du sol est adéquate, les valeurs de l'*ET* ne sont diminuées que légèrement. Les rapports de conversion, pendant la dernière partie de la saison de croissance, peuvent être réduits pour certaines cultures, comme les céréales, en permettant le plein épuisement de l'humidité du sol emmagasinée alors que le temps de la récolte approche.

De préférence, on établit le taux d'humidité du sol, au début d'une comptabilité, en faisant sécher au four des échantillons de sol. Une autre façon de procéder serait de commencer la comptabilité environ 2 jours après une pluie abondante ou après une irrigation, lorsque l'on sait que l'humidité dans la zone radiculaire est près de la capacité au champ. Pour un sol de texture moyenne, le contenu en humidité est près de la capacité au champ si une boule de terre, pressée fermement dans la main, résiste sensiblement à l'effritement.

RESTRICTIONS ET CONSIDÉRATIONS SPÉCIALES

Ce procédé de simple comptabilité comporte certaines limites. La profondeur réelle des racines des plantes annuelles ne commence pas à une profondeur maximale au printemps pour demeurer constante, mais s'accroît de l'ensemencement au temps où elle atteint sa profondeur maximale vers la mi-saison. Lorsque la culture est jeune, l'humidité du sol, bien qu'enregistrée dans une simple comptabilité pourrait être inaccessible aux plantes parce qu'elle est retenue en-dessous des racines et hors de portée de celles-ci. Ainsi, la profondeur à laquelle le sol est humide au printemps doit être calculée en rapport avec la profondeur des racines de la culture. Les champs doivent être irrigués à l'automne, si l'humidité du sol lors de la récolte se situe dans la moitié inférieure du domaine de disponibilité. Cette mesure assure la disponibilité immédiate de l'humidité dans la partie inférieure de la zone radiculaire, et il suffira d'une faible quantité de précipitations, en hiver ou au printemps, pour humidifier la partie supérieure de la zone radiculaire d'une façon adéquate.

Lorsque les cultures sont jeunes, le besoin d'irrigation peut être établi plus judicieusement en examinant le sol même dans la zone radiculaire peu profonde.

Les indices de l'environnement autre que l'*E* peuvent être utilisés pour calculer l'*ET*. Ils comprennent la température de l'air, l'humidité, le vent et la radiation solaire; mais l'*ET* semble pouvoir presqu'aussi bien être mis en corrélation avec l'*E*, qu'avec des variables méréorologiques individuelles ou combinées.

La planification de l'irrigation décrite ici, sert principalement d'instrument à partir duquel un bureau central peut fournir des conseils aux cultivateurs de sa région pour établir un programme d'irrigation. Les caractéristiques de rétention d'eau et la concentration réelle d'eau dans le sol doivent être mesurées dans des champs individuels, mais l'*E* peut être mesurée et l'*ET* calculée dans un endroit central.

Il faudrait effectuer des calculs compliqués, qui conviennent davantage aux ordinateurs, pour perfectionner la simple comptabilité de l'humidité du sol afin de prendre en considération les changements quotidiens dans la profondeur des racines et les changements continuels dans les coefficients de la culture, le contenu d'humidité dans le sol, et l'humidité à la surface du sol, et pour permettre de calculer l'*ET* à partir de combinaisons de données météorologiques. Ces méthodes raffinées sont étudiées à la station de recherches de Lethbridge.

EXEMPLE D'UNE COMPTABILITÉ DE L'HUMIDITÉ DU SOL

Le tableau 1 montre une comptabilité d'humidité du sol pour le blé cultivé près de Vauxhall (Alberta) durant le mois de juin 1975. Les précipitations et l'*E* ont été enregistrées à la sous-station d'irrigation. Le sol est un loam sableux, de capacité au champ de 300 mm d'eau, à une profondeur maximale d'enracinement de 120 cm. De cette eau, 90 mm sont facilement disponibles et peuvent être utilisés sans danger avant que l'irrigation ne soit nécessaire.

Les profondeurs d'enracinement, les capacités au champ correspondantes et l'humidité du sol minimale permissible, comme les coefficients ET/E_G qui ont été utilisés pour calculer la comptabilité, sont donnés au tableau 2.

Le premier juin, le contenu en humidité de la zone radiculaire, qui s'étendait à 60 cm, était de 135 mm, tel que déterminé par échantillonnage du sol. Le 2 juin, 92 ml d'eau se sont évaporés de l'évaporimètre Gen. Le coefficient requis pour convertir l'*E* et l'*ET* à ce moment était de 0,030. Ainsi, l'*ET*, pour le 2 juin, s'élevait à 3 mm, amenant une réduction de l'humidité du sol dans la zone radiculaire à 132 mm. De la même façon, l'*ET* pour chaque jour a été soustraite du contenu en humidité du sol obtenu le jour précédent. On a ajouté la valeur de la pluie à mesure qu'elle apparaissait. Lorsque la profondeur des racines est passée à 90 cm le 11 juin, puis à 120 cm, le 25 juin, on a ajouté à la balance d'humidité les 50 mm d'eau contenus dans les 30 cm additionnels de profondeur d'enracinement. Des pluies bien à propos, au milieu du mois, ont apporté un gain net dans l'humidité du sol. Le 26, le 27 et le 28 juin, l'*E*

dépassait 110 ml, de sorte qu'il fallait appliquer la règle de la limite supérieure. Le 29 juin, le contenu en humidité dans le sol a baissé à 204 mm. On a donc appliqué 96 mm d'irrigation pour rétablir l'humidité du sol dans la zone radiculaire à la capacité au champ, parce que la concentration d'eau se situait en-dessous du niveau minimal permissible de 210 mm.

Tableau 1. COMPTABILITÉ DE L'HUMIDITÉ DU SOL POUR LE BLÉ, JUIN 1975

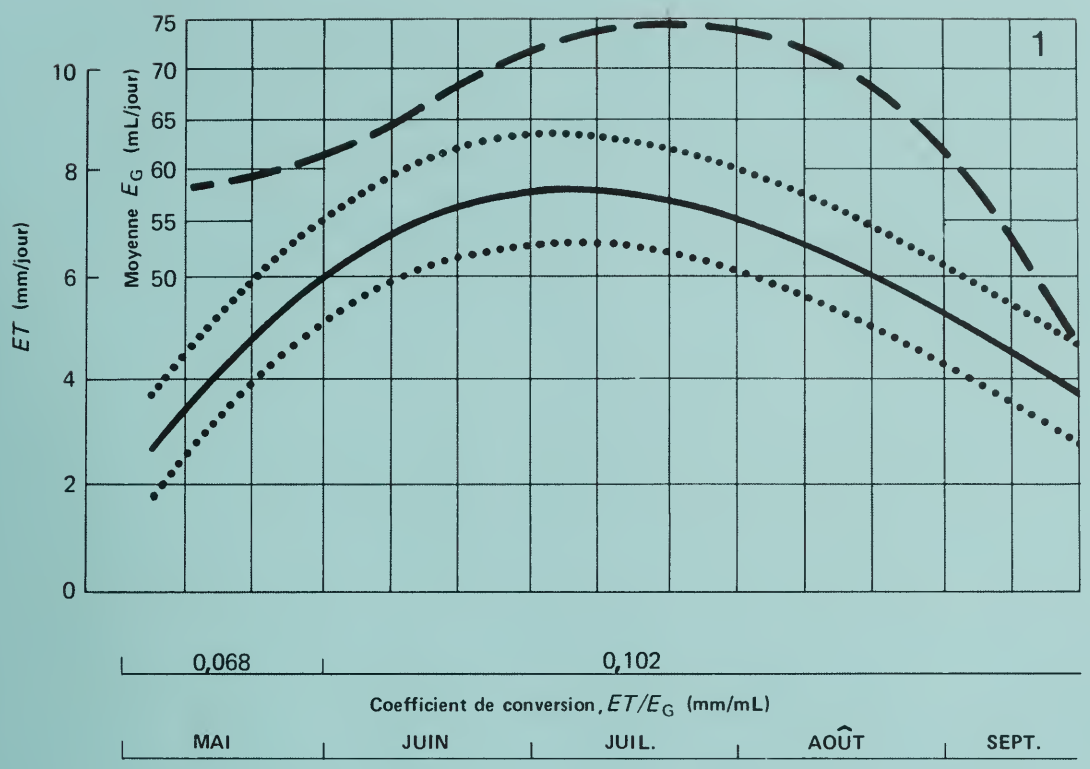
Date	*E* (mL)	*ET* (mm)	Pluie (mm)	Irrigation (mm)	Contenu en humidité du sol
1	58	2			135
2	92	3			132
3	86	3			129
4	106	3			126
5	81	2			124
6	82	2	3		125
7	26	1			124
8	32	1			123
9	74	2			121
10	70	2			119
11	73	6			163*
12	49	4			159
13	0	0	6		165
14	38	3			162
15	14	1	4		165
16	16	1	5		169
17	42	3	1		167
18	39	3	2		166
19	0	0	43		209
20	17	1			208
21	96	7			201
22	90	7			194
23	71	5			189
24	59	4	17		202
25	106	8			244*
26	112	11			233
27	149	11			222
28	116	11			211
29	70	7			204
30	76	7		96	293

*50 mm d'eau ajoutés à la comptabilité d'humidité pour tenir compte de la profondeur d'enracinement additionnelle

E
ET

Tableau 2. PROFONDEUR DES RACINES, CAPACITÉ AU CHAMP (*CC*), HUMIDITÉ DU SOL MINIMALE PERMISE (H_{min}), ET LES COEFFICIENTS ET/E_G UTILISÉS POUR DÉTERMINER UNE COMPTABILITÉ DE L'HUMIDITÉ DU SOL POUR LE BLÉ, EN JUIN 1975

Date		Profondeur des racines (cm)	Humidité du sol		Coefficients de conversion ET/E_G (mm/mL)
De	À		*CC* (mm)	H_{min} (mm)	
1 juin	10 juin	60	150	105	0,030
11 juin	25 juin	90	225	157	0,075
26 juin	30 juin	120	300	210	0,096



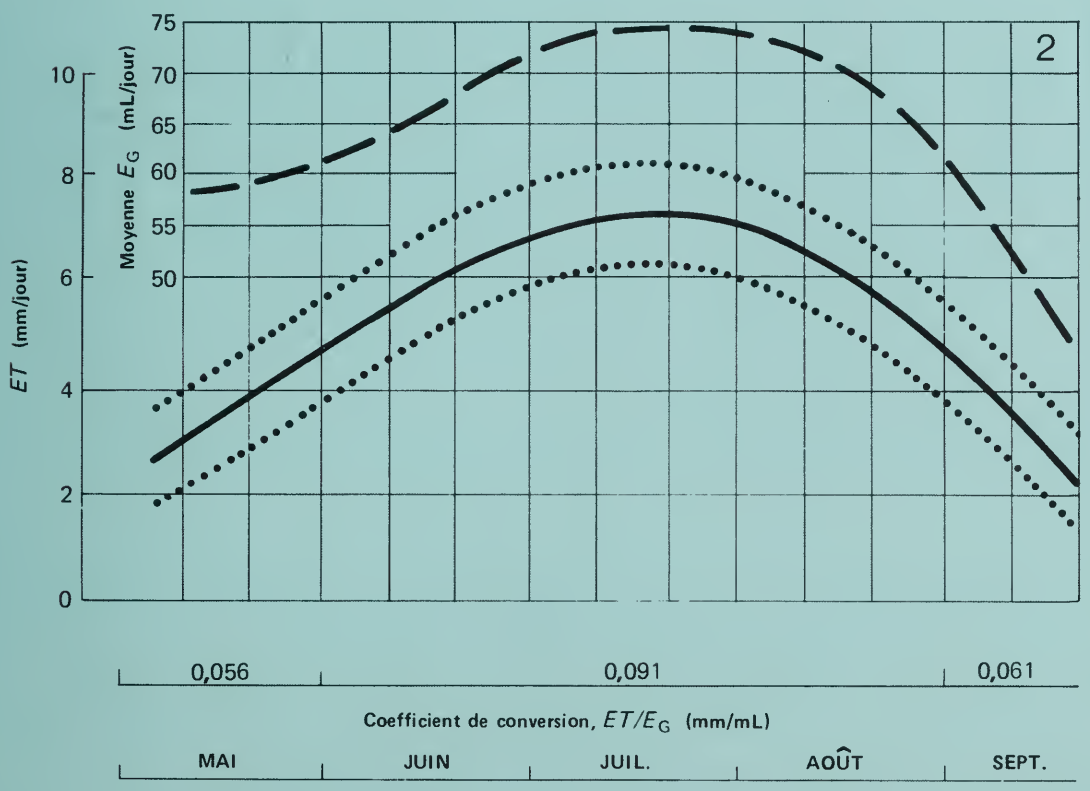
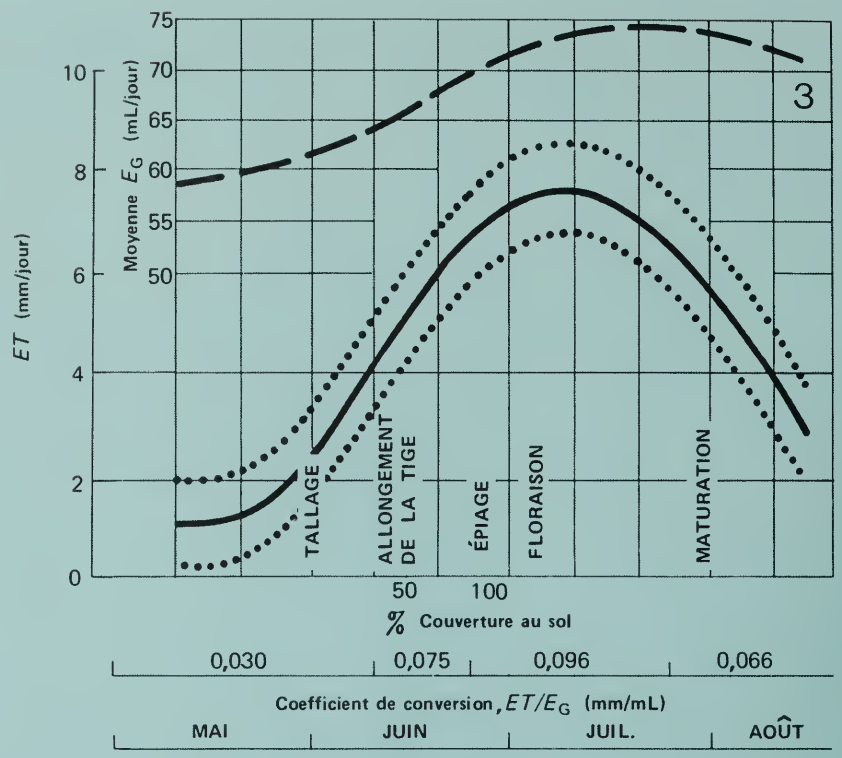


Fig. 1 et 2. Évapotranspiration (1) de la **luzerne** et (2) des **graminés** pendant la saison de croissance, et l'évaporation correspondante d'un évaporomètre Gen. Les lignes pleines représentent les courbes d'*ET* qui correspondent le mieux aux données; les lignes pointillées indiquent l'erreur-type. Les lignes brisées montrent la moyenne journalière de perte d'eau, E_G, d'un évaporomètre.



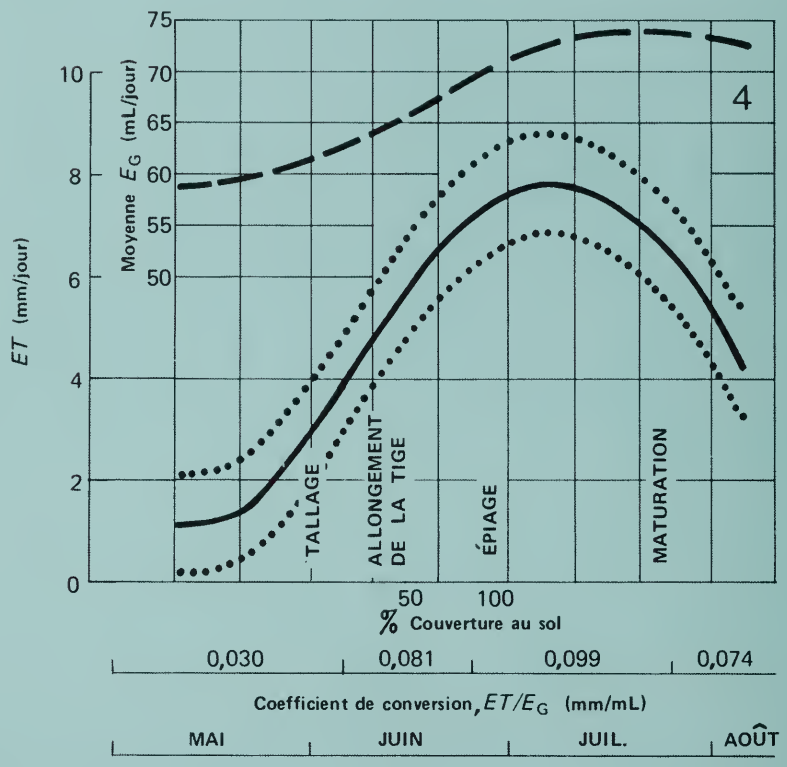
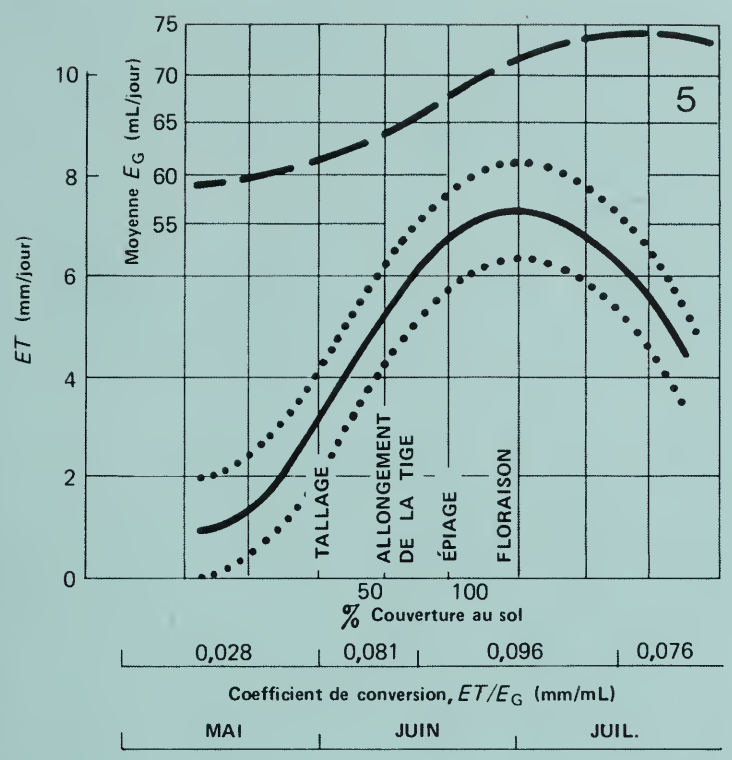


Fig. 3 et 4. Évapotranspiration (3) du **blé** et (4) de l'**avoine** pendant la saison de croissance, et l'évaporation correspondante d'un évaporomètre Gen. Les lignes pleines représentent les courbes d'*ET* qui correspondent le mieux aux données; les lignes pointillées indiquent l'erreur-type. Les lignes brisées montrent la moyenne journalière de perte d'eau, E_G, d'un évaporomètre.



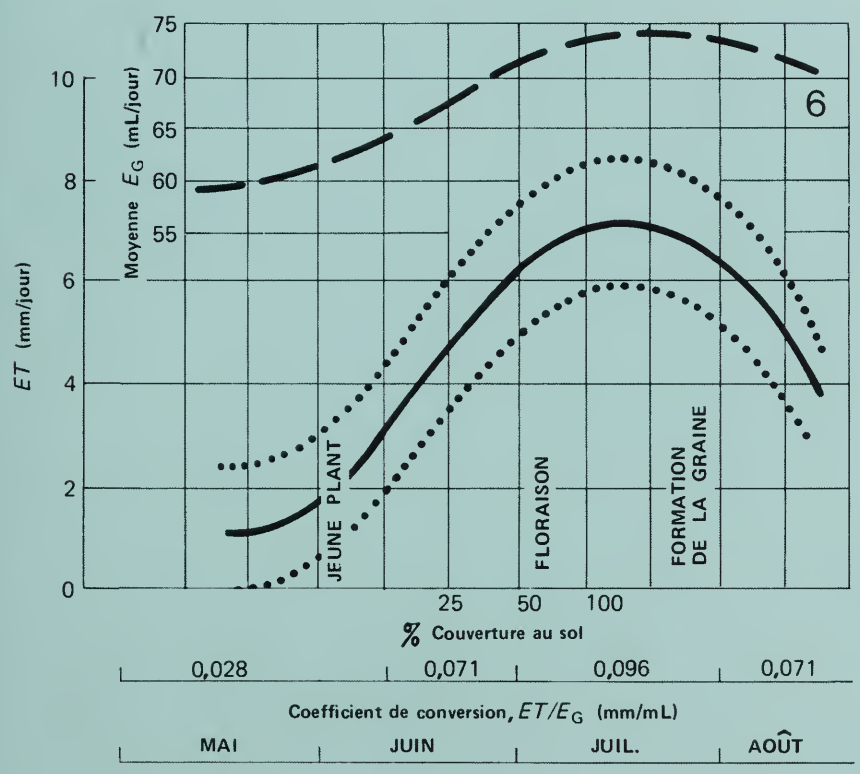
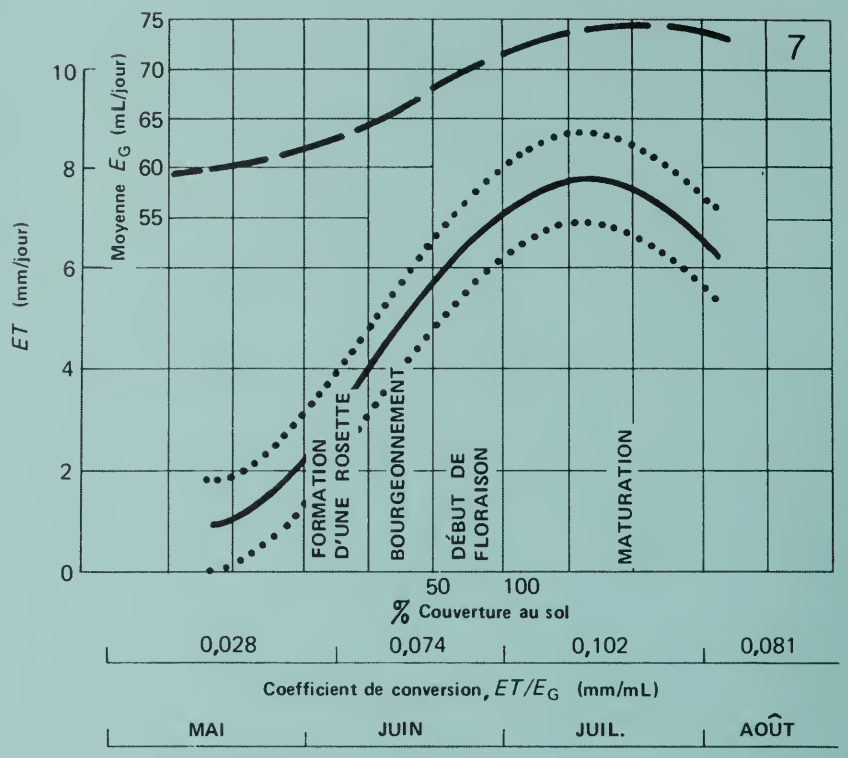


Fig. 5 et 6. Évapotranspiration de (5) l'**orge** et (6) du **lin** pendant la saison de croissance, et l'évaporation correspondante d'un évaporomètre Gen. Les lignes pleines représentent les courbes d'*ET* qui correspondent le mieux aux données; les lignes pointillées indiquent l'erreur-type. Les lignes brisées montrent la moyenne journalière de perte d'eau, E_G, d'un évaporomètre.



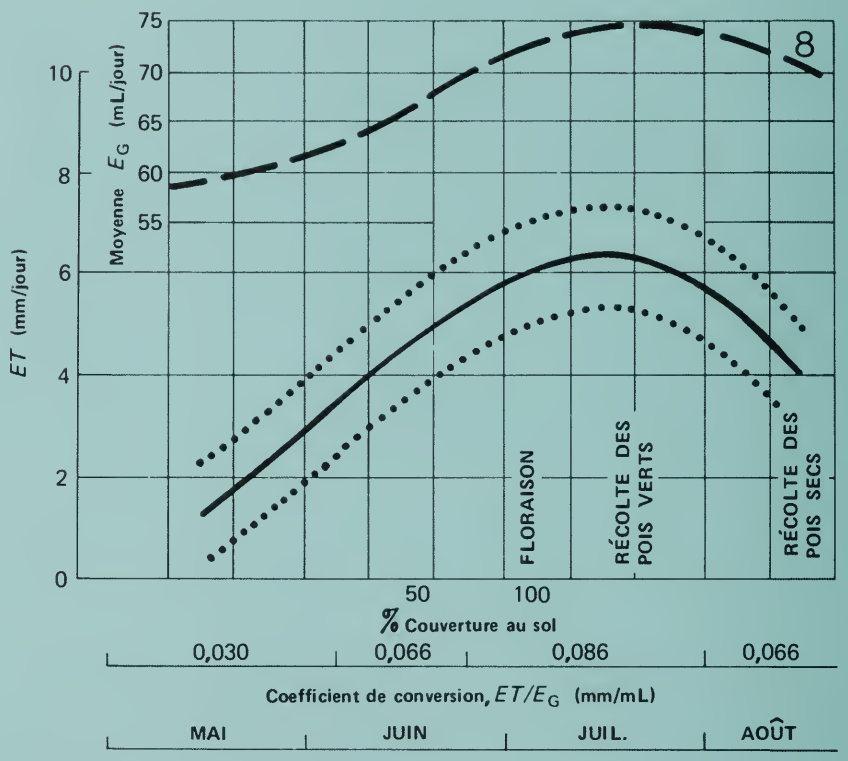
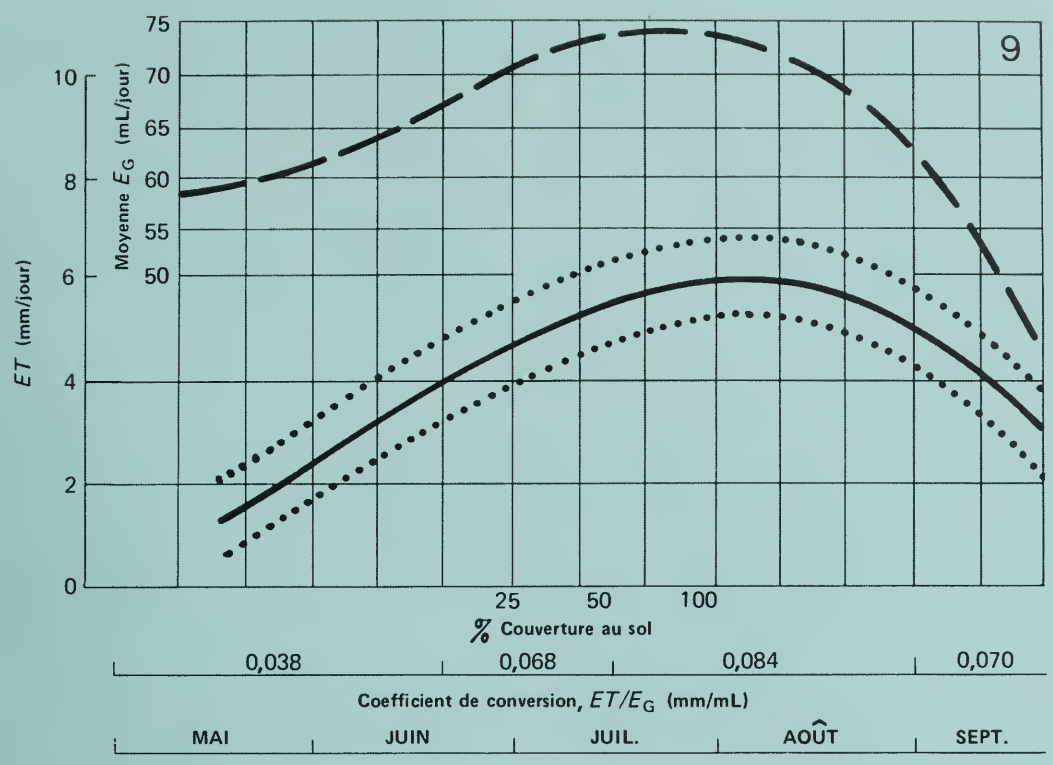


Fig. 7 et 8. Évapotranspiration (7) du **colza** et (8) des **pois** pendant la saison de croissance, et l'évaporation correspondante d'un évaporomètre Gen. Les lignes pleines représentent les courbes d'*ET* qui correspondent le mieux aux données; les lignes pointillées indiquent l'erreur-type. Les lignes brisées montrent la moyenne journalière de perte d'eau, E_G, d'un évaporomètre.



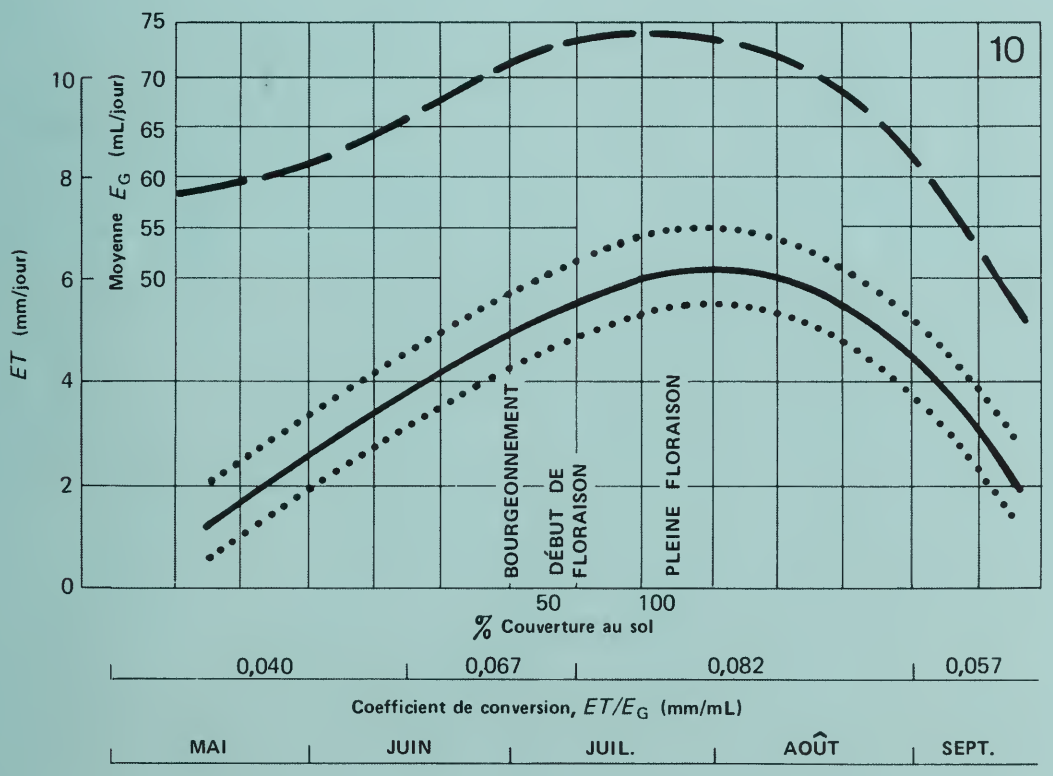


Fig. 9 et 10. Évapotranspiration (9) des **betteraves sucrières** et (10) des **pommes de terre** pendant la saison de croissance, et l'évaporation correspondante d'un évaporomètre Gen. Les lignes pleines représentent les courbes d'*ET* qui correspondent le mieux aux données; les lignes pointillées indiquent l'erreur-type. Les lignes brisées montrent la moyenne journalière de perte d'eau E_G, d'un évaporomètre.

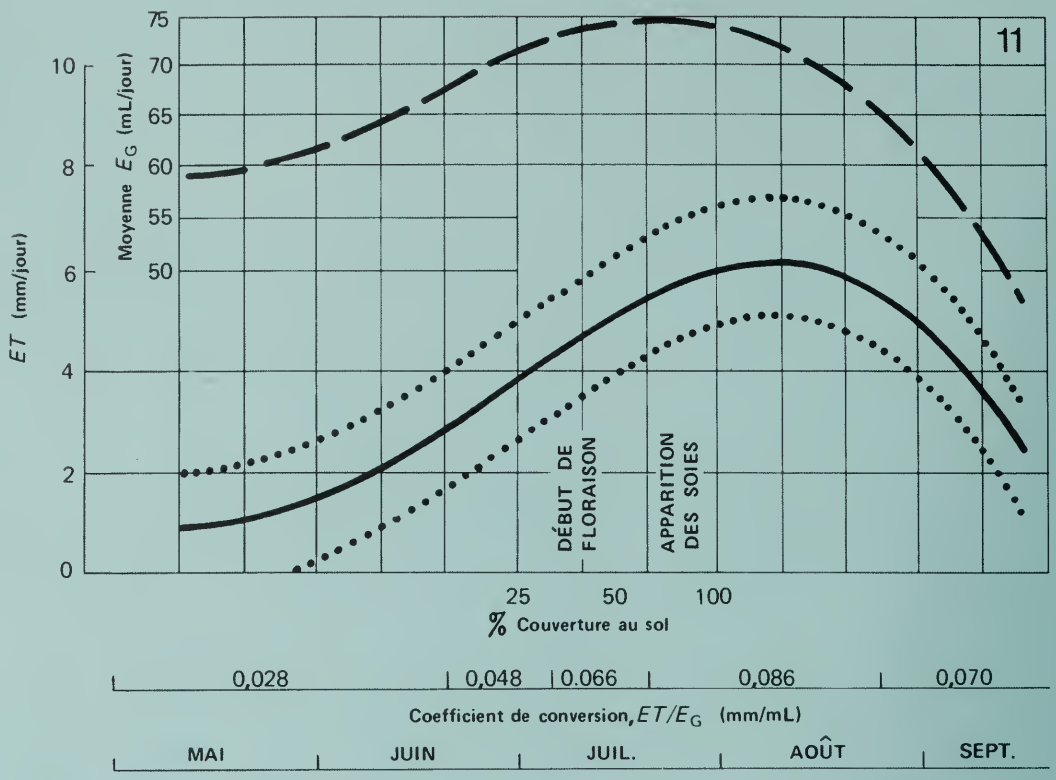


Fig. 11. Évapotranspiration du **maïs** pendant la saison de croissance, et l'évaporation correspondante d'un évaporomètre Gen. Les lignes pleines représentent les courbes d'*ET* qui correspondent le mieux aux données; les lignes pointillées indiquent l'erreur-type. Les lignes brisées montrent la moyenne journalière de perte d'eau, E_G, d'un évaporomètre.

Fig. 12. Bac d'évaporation classe A

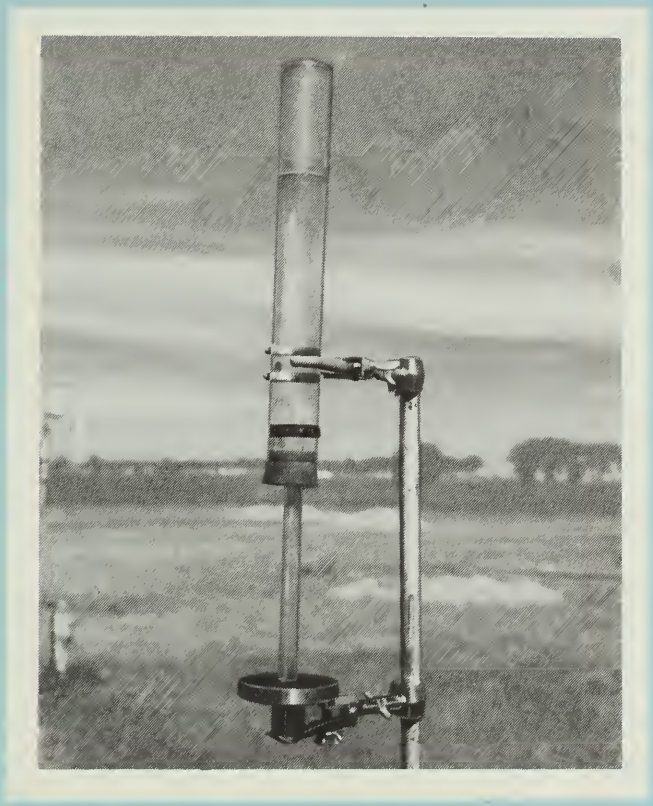


Fig. 13. Évaporomètre avec disque d'alundon

Fig. 14. Évaporomètre Gen

FACTEURS DE CONVERSION

Unité métrique	Facteur approximatif de conversion	Donne
LINÉAIRE		
millimètre (mm)	x 0,04	pouce
centimètre (cm)	x 0,39	pouce
mètre (m)	x 3,28	pied
kilomètre (km)	x 0,62	mille
SUPERFICIE		
centimètre carré (cm^2)	x 0,15	pouce carré
mètre carré (m^2)	x 1,2	verge carrée
kilomètre carré (km^2)	x 0,39	mille carré
hectare (ha)	x 2,5	acre
VOLUME		
centimètre cube (cm^3)	x 0,06	pouce cube
mètre cube (m^3)	x 35,31	pied cube
	x 1,31	verge cube
CAPACITÉ		
litre (L)	x 28,3	pied cube
hectolitre (hL)	x 22	gallons
	x 2,5	boisseaux
POIDS		
gramme (g)	x 0,04	once
kilogramme (kg)	x 2,2	livre
tonne (t)	x 1,1	tonne courte
AGRICOLE		
litres à l'hectare	x 0,089	gallons à l'acre
	x 0,357	pintes à l'acre
	x 0,71	chopines à l'acre
millilitres à l'hectare	x 0,014	onces liquides à l'acre
tones à l'hectare	x 0,45	tonnes à l'acre
kilogrammes à l'hectare	x 0,89	livres à l'acre
grammes à l'hectare	x 0,014	onces à l'acre
plants à l'hectare	x 0,405	plants à l'acre

LIBRARY / BIBLIOTHEQUE
AGRICULTURE CANADA OTTAWA K1A 0C5
3 9073 00036173 5